

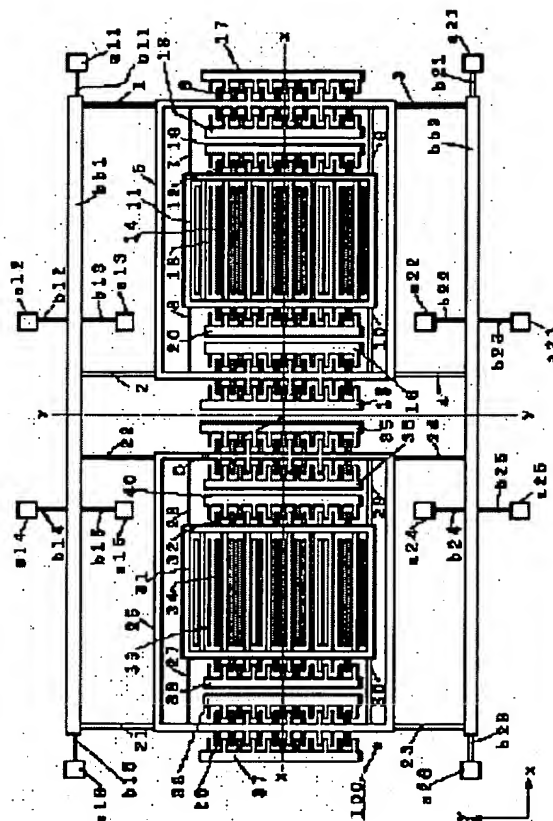
ANGULAR VELOCITY SENSOR

Patent number: JP2000009470
 Publication date: 2000-01-14
 Inventor: TOUGE TADASHI
 Applicant: AISIN SEIKI CO LTD
 Classification:
 - international: G01C19/56; G01P9/04
 - european:
 Application number: JP19980171869 19980618
 Priority number(s):

Abstract of JP2000009470

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the detection precision from lowering by a physical (electrical and mechanical) disturbance and to improve the angular velocity detection precision.

SOLUTION: The angular velocity sensor is provided with a pair of parallel connection beams bb1 and bb2 being extended in x direction, a first drive frame 5 and a second drive frame 25 that are continuous to spring beams 1-4/21-24 with a high deflection property in x direction being continuous to them, are located between the pair of connection beams bb1 and bb2, and are aligned in x direction, a first drive body 11 that is located inside the first drive frame 5 and is continuous to beams 7-10 with a high deflection property in a y direction being continuous to it, a second drive body 31 that is located inside the second drive frame 25 and has a high deflection property in a y direction being continuous to it, excitation means 15, 16/35, and 36 for vibrating and driving at least one of the first and second drive frames 5 and 25 in x direction, first displacement detection means 13 and 14 for detecting the y vibration of the first vibration body 11, and second displacement detection means 33 and 34 for detecting the y vibration of the second vibration body 31.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-9470

(P 2 0 0 0 - 9 4 7 0 A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G01C 19/56		G01C 19/56	2F105
G01P 9/04		G01P 9/04	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全10頁)

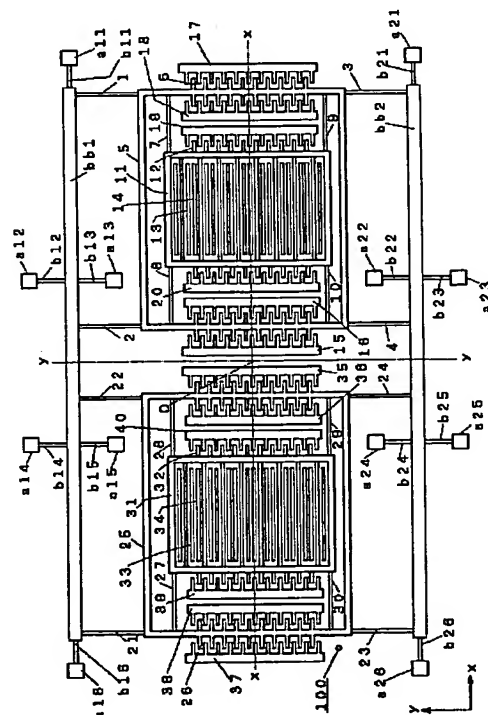
(21) 出願番号	特願平10-171869	(71) 出願人	000000011 アイシン精機株式会社 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
(22) 出願日	平成10年6月18日 (1998.6.18)	(72) 発明者	峠 宗 志 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内
		(74) 代理人	100076967 弁理士 杉信 興
		F ターム (参考)	2F105 BB03 BB04 BB09 CC04 CD03 CD05 CD11 CD13

(54) 【発明の名称】 角速度センサ

(57) 【要約】

【課題】 物理的（電気的および機械的）外乱による検出精度の低下を防止。角速度検出精度の向上。

【解決手段】 x 方向に延びる平行な、対の連結梁 (bb1, bb2) ; これらに連続する x 方向の撓み性が高いばね梁 (1~4/21~24) に連続し、対の連結梁 (bb1, bb2) の間に位置する、x 方向に並んだ第1駆動棒 (5) および第2駆動棒 (25) ; 第1駆動棒 (5) の内方において、それに連続する y 方向に撓み性が高いばね梁 (7~10) に連続する第1振動体 (11) ; 第2駆動棒 (25) の内方において、それに連続する y 方向に撓み性が高いばね梁 (27~30) に連続する第2振動体 (31) ; 第1駆動棒 (5) および第2駆動棒 (25) の少くとも一方を x 方向に振動駆動する励振手段 (15, 16/35, 36) ; 第1振動体 (11) の y 振動を検出する第1の変位検出手段 (13, 14) ; および、第2振動体 (31) の y 振動を検出する第2の変位検出手段 (33, 34) ; を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板で浮動支持された、 x 方向に延びる平行な、対の連結梁；これらに連続する x 方向の撓み性が高いばね梁に連続し、対の連結梁の間に位置する、 x 方向に並んだ第 1 駆動枠および第 2 駆動枠；第 1 駆動枠の内方であって、それに連続する y 方向に撓み性が高いばね梁に連続する第 1 振動体；第 2 駆動枠の内方であって、それに連続する y 方向に撓み性が高いばね梁に連続する第 2 振動体；第 1 駆動枠および第 2 駆動枠の少くとも一方を x 方向に振動駆動する手段；第 1 振動体の y 振動を検出する第 1 の変位検出手段；および、第 2 振動体の y 振動を検出する第 2 の変位検出手段；を備える角速度センサ。

【請求項 2】第 1 振動体および第 2 振動体は、枠形状体であり、それぞれの内側に第 1 および第 2 の変位検出手段が位置する、請求項 1 記載の角速度センサ。

【請求項 3】対の連結梁はそれらの間の中間点 O を通る x 軸および y 軸に関して対称であり、第 1 および第 2 駆動枠は y 軸に関して対称であり、第 1 および第 2 振動体も y 軸に関して対称である請求項 1 又は請求項 2 記載の角速度センサ。

【請求項 4】基板で浮動支持された x 方向の撓み性が高いばね梁に連続する、 x 方向に並んだ第 1 駆動枠および第 2 駆動枠；第 1 駆動枠および第 2 駆動枠を連結した x 方向の撓み性が高いばね梁；第 1 駆動枠の内方であって、それに連続する y 方向に撓み性が高いばね梁に連続する第 1 振動体；第 2 駆動枠の内方であって、それに連続する y 方向に撓み性が高いばね梁に連続する第 2 振動体；第 1 駆動枠および第 2 駆動枠の少くとも一方を x 方向に振動駆動する手段；第 1 振動体の y 振動を検出する第 1 の変位検出手段；および、第 2 振動体の y 振動を検出する第 2 の変位検出手段；を備える角速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板に対して浮動支持された振動体を備える角速度センサに関し、特に、これに限定する意図ではないが、半導体微細加工技術を用いて形成される浮動半導体薄膜を櫛歯電極にて電気的に吸引／解放して x 方向に励振する角速度センサに関する。

【0002】

【従来の技術】この種の角速度センサの代表的なものは、浮動薄膜の左辺部に 1 組かつ右辺部に 1 組の浮動櫛歯電極（左側浮動櫛歯電極と右側浮動櫛歯電極）を備え、固定櫛歯電極も 2 組（各組の浮動櫛歯電極に非接触で噛み合いかつ平行な左側固定櫛歯電極および右側固定櫛歯電極）として、左側浮動櫛歯電極／左側固定櫛歯電極間と右側浮動櫛歯電極／右側固定櫛歯電極間に交互に電圧を印加することにより、浮動薄膜が x 方向に振動す

る。浮動薄膜に、 z 軸を中心とする回転の角速度が加わると、浮動薄膜にコリオリ力が加わって、浮動薄膜は、 y 方向にも振動する楕円振動となる。浮動薄膜を導体としもしくは電極が接合したものとし、浮動薄膜の xz 平面に平行な検出電極を基板上に備えておくと、この検出電極と浮動薄膜との間の静電容量が、楕円振動の y 成分（角速度成分）に対応して振動する。この静電容量の変化（振幅）を測定することにより、角速度を求めることが出来る（例えば特開平 5-248872 号公報，特開平 7-218268 号公報，特開平 8-152327 号公報，特開平 9-127148 号公報，特開平 9-42973 号公報）。

【0003】米国特許明細書第 5,635,638 号の Fig. 4 には、1 対の振動子を半円形状の 1 対の梁で連結して、各振動子の振動方向 x に対して撓み性が高い梁を介して、8 個のアンカーにて、該 1 対の振動子を浮動支持した角速度センサが開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の角速度センサではアンカー部が多点到にわかれており、互いに距離があるため振動子を単振動させる梁バネ部に温度変化等の外力が加わると圧縮あるいは引張りの応力がかかる。そのため共振周波数が温度とともに変化し、ヒステリシスと不連続点をもつ特性となる。それはセンサの精度を低下させる。例えば特開平 7-218268 号公報に開示のごとき、アンカー部が多点到にわかれた従来の角度センサでは、アンカー間に距離があるため駆動時の振動が検出側の振動にもれ、そのため精度低下となることが考えられる。また、例えば特開平 7-218268 号公報に開示のごときの、駆動の振動モードと検出の振動モードの不調点が不一致のものでは、互いの振動もれと外力の影響があると角速度検出精度が低下すると考えられる。また、駆動の振動モードにコリオリ力による振動を低減させる振動成分を含むと、角速度検出力が小さい。従来の振動子の振幅が、 $+x$ 方向と $-x$ 方向とで異なって振動が不安定になるときがあり、センサとして成立しないときがある。

【0005】米国特許明細書第 5,635,638 号の角速度センサでは、振動子の重心から振動バネが接続されていないため、製造時の寸法変動により、振動マスに加わる駆動力が不均一になると振動がアンバランスになると推察される。また、非線形振動になる。そのため共振周波数のシフト振動のアンバランスにより検出出力の不安定な変動を発生させるため S/N が悪いと推察される。駆動振動子と検出振動子が同一の質量となっているため、製造時の寸法変動により検出方向への振動を駆動振動子が発生すると、角速度信号の S/N が低下すると推察される。検出振動子の振動が複数点支持のねじれ振動となるため、振動が基板をとおして外部にもれ、外部で反射した振動成分が基板に戻り振動子に加わるため、角速度信

号の S/N が低下すると推察される。振動駆動信号が検出コンデンサに伝わるので、角速度信号の S/N が低いと推察される。

【0006】本発明は、物理的（電気的および機械的）外乱による検出精度の低下を防ぎ、角速度検出精度を高くすることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】（1）本発明の角速度センサは、基板(100)で浮動支持された、x 方向に延びる平行な、対の連結梁(bb1, bb2)；これらに連続する x 方向の撓み性が高いばね梁(1~4/21~24)に連続し、対の連結梁(bb1, bb2)の間に位置する、x 方向に並んだ第1駆動枠(5)および第2駆動枠(25)；第1駆動枠(5)の内方であって、それに連続する y 方向に撓み性が高いばね梁(7~10)に連続する第1振動体(11)；第2駆動枠(25)の内方であって、それに連続する y 方向に撓み性が高いばね梁(27~30)に連続する第2振動体(31)；第1駆動枠(5)および第2駆動枠(25)の少くとも一方を x 方向に振動駆動する励振手段(15, 16/35, 36)；第1振動体(11)の y 振動を検出する第1の変位検出手段(13, 14)；および、第2振動体(31)の y 振動を検出する第2の変位検出手段(33, 34)；を備える。なお、理解を容易にするためにカッコ内には、図面に示し後述する実施例の対応要素の符号を参考までに付記した。

【0008】これによれば、励振手段(15, 16/35, 36)にて第1駆動枠(5)および第2駆動枠(25)を x 方向に逆相で振動させると、それらの内側にある第1振動体(11)および第2振動体(31)も、第1駆動枠(5)および第2駆動枠(25)と同じく、x 方向に逆相で振動する。z 軸回りの角速度が加わると、第1振動体(11)および第2振動体(31)は、y 方向に撓み性が高いばね梁(7~10/27~30)にて支持されているので、第1振動体(11)および第2振動体(31)の振動が楕円振動となり、y 方向にも振動する。第1振動体(11)および第2振動体(31)の x 振動が相対的に逆相であるので、y 振動も相対的には逆相となる。第1および第2変位検出手段(13, 14/33, 34)が、これらの y 振動を検出する。

【0009】第1および第2変位検出手段(13, 14/33, 34)の振動検出信号の差動増幅を行なうと、各変位検出手段の振動検出信号の略2倍のレベルの振動検出信号が得られると共に、電気的なノイズが減殺されるばかりでなく、角速度以外の機械的な外力による信号成分も相殺される。例えば y 方向の加、減速度が加わった場合、それによる第1振動体(11)および第2振動体(31)の移動が同方向で、第1および第2変位検出手段(13, 14/33, 34)の変位検出信号レベルが同方向に同程度振れるが、それらを差動増幅すると、この信号レベルの振れが相殺となる。したがって、加速度など、外力による角速度信号の S/N 低下を生じない。

【0010】x 方向の撓み性が高いばね梁(1~4/21~2

4)を介して第1駆動枠(5)および第2駆動枠(25)が連結梁(bb1, bb2)で支持され、基板(100)に対しては浮動支持であり、第1駆動枠(5)および第2駆動枠(25)が、温度歪を生じにくく、それらならびに第1および第2振動体(11, 31)の x 振動が安定するのに加えて、y 方向に撓み性が高いばね梁(7~10/27~30)を介して第1および第2振動体(11, 31)が浮動支持されているので、第1および第2振動体(11, 31)は更に温度歪を生じにくく、角速度対応の y 振動が安定したものとなり、角速度信号の信頼性（安定性）が高い。

【0011】

【発明の実施の形態】（2）第1振動体(11)および第2振動体(31)は、枠形状体であり、それぞれの内側に第1および第2の変位検出手段(13, 14/33, 34)が位置する。

（3）対の連結梁(bb1, bb2)はそれらの間の中間点Oを通る x 軸および y 軸に関して対称であり、第1および第2駆動枠(5, 25)は y 軸に関して対称であり、第1および第2振動体(11, 31)も y 軸に関して対称である

（4）基板で浮動支持された x 方向の撓み性が高いばね梁(1~4, 21~24)に連続し、x 方向に並んだ第1駆動枠(5)および第2駆動枠(25)；第1駆動枠(5)および第2駆動枠(25)を連結した x 方向の撓み性が高いばね梁(61, 62)；第1駆動枠の内方であって、それに連続する y 方向に撓み性が高いばね梁に連続する第1振動体；第2駆動枠の内方であって、それに連続する y 方向に撓み性が高いばね梁に連続する第2振動体；第1駆動枠(5)および第2駆動枠(25)の少くとも一方を x 方向に振動駆動する励振手段(15, 16/35, 36)；第1振動体(11)の y 振動を検出する第1の変位検出手段(13, 14)；および、第2振動体(31)の y 振動を検出する第2の変位検出手段(33, 34)；を備える角速度センサ。

【0012】本発明の好ましい実施例では、連結梁(bb1, bb2)の端部は、一端をアンカー(a11, a16)で支持した、y 方向に撓み性が高いばね梁(b11, b16/b21, b26)で支持し、なかほどは、第1駆動枠(5)と第1振動体(11)の組体でなる第1組の振動系と、第2駆動枠(25)と第2振動体(31)の組体でなる第2組の振動系との、音叉共振させるため、一端をアンカー(a12~a15/a22~a25)で支持した、x 方向に撓み性が高いばね梁(b12~b15/b22~b25)で支持し、中間点Oに関して角速度センサエレメントの配列をすべて点対称とした。

【0013】これによれば、第1駆動枠(5)と第1振動体(11)の組体でなる第1組の振動系と、第2駆動枠(25)と第2振動体(31)の組体でなる第2組の振動系が、連結梁(bb1, bb2)を介して多点でアンカーされているにもかかわらず、熱膨張、内部応力等の解放によって点Oに関する対称性がくずれることはない。したがって角速度信号の信頼性（安定性）が高い。

【0014】本発明の他の目的および特徴は、図面を参照した以下の実施例の説明より明らかになる。

【0015】

【実施例】—第1実施例—

図1に、本発明の第1実施例の機構要素を示す。絶縁層を形成したシリコン基板100には、導電性とするための不純物を含むポリシリコン（以下導電性ポリシリコン）の、浮動体アンカーa11～a15、a21～a25、駆動電極15、16/35、36のアンカー、駆動検出電極17、18/37、38のアンカー、角速度検出電極13、14/33、34のアンカーおよび周波数調整電極19、20/39、40のアンカー、が接合して

おり、これらのアンカーは、シリコン基板100上の絶縁層の上に形成された配線により、図示しない接続電極に接続されている。

【0016】リソグラフィによる半導体プロセスを用いて、シリコン基板100から浮きしかも浮動体アンカーa11～a15、a21～a25に連続した、導電性ポリシリコンの、x方向に延びるばね梁b11、b16/b21、b26、y方向に延びるばね梁b12～b15/b22～b25、ならびにこれらに連続し、x方向に延びる連結梁bb1、bb2が形成されている。これらの連結梁bb1、bb2は同一幅、長さであって互に平行であり、それらの中間点Oを通るx軸に関して対称である。

【0017】連結梁bb1およびbb2には、y方向に延びx方向の撓み性が高いばね梁1、2/21、22および3、4/23、24が連続し、これらのばね梁に第1駆動枠5および第2駆動枠25が連続し、これらの駆動枠5および25の内側に、x方向に延びy方向の撓み性が高いばね梁7～10および27～30を介して、第1振動体11および第2振動体31が連続している。これらの要素も、シリコン基板100から浮いており、導電性ポリシリコンである。

【0018】第1、第2の駆動枠5と25、第1、第2の振動体11と31、はセンサ中心Oを通るy軸に関して対称な形状であって対称な位置にあり、ばね梁1～4、7～10と21～24、27～30も、y軸に関して対称な形状であって対称な位置にある。

【0019】第1、第2駆動枠5/25には、y方向に等ピッチで分布しx方向に突出する櫛歯状の可動電極6/26があり、駆動電極アンカーに連続した、導電性ポリシリコンの駆動電極15、16/35、36にも、可動電極6/26のy方向分布の空間に突出する櫛歯状の固定電極がありy方向に分布している。

【0020】駆動電極15、16（35、36）に交互に、駆動枠5（25）の電位（略機器アースレベル）より高い電圧を印加することにより、駆動枠5（25）がx方向に振動する。この実施例では、同様に駆動枠25もx方向に駆動するが、そのx振動は、共振音叉振動とするために、駆動枠5とは逆相である。

【0021】振動体11（31）は、x方向に延びるば

ね梁7～10（27～30）で駆動枠5（25）に連結しているため、x振動する。駆動枠5および振動体11でなる第1振動系と、駆動枠25および振動体31でなる第2振動系とを共振音叉振動させることにより、エネルギー消費効率が高いx振動となる。

【0022】駆動枠5（25）がx方向に振動することにより、駆動枠5と駆動検出電極17、18との間の静電容量が振動し、かつその容量振動と逆位相で駆動枠25と駆動検出電極37、38との間の静電容量が振動する。

【0023】振動体11/31も大略で枠形状であるが、x方向に延びる複数の渡し梁がy方向に等ピッチで存在し、y方向で隣り合う渡し梁の間の空間に、各1対の導電体ポリシリコンの固定検出電極13、14/33、34があり、基板100上の検出電極用の各アンカーで支持されそれと電気的に連続である（電気接続関係にある）。

【0024】対の検出電極13、14（33、34）間は絶縁されているが、振動体11（31）のy振動（y変位）を検出するための各対電極13、14（33、34）の、各対間に対応位置にある検出電極は、電気リードに共通接続され、チャージアンプ46、47（56、57）に接続されている。

【0025】振動体11、31がx方向に共振音叉振動しているとき、中心Oを通るz軸廻りの角速度が加わると、振動体11、31が、y成分も有する相対的に逆相の楕円振動となり、これによって電極13、14/33、34にy振動対応の静電容量振動を生ずる。電極13、14の静電容量振動は相対的に逆相、同様に電極33、34の静電容量振動も相対的に逆相である。そして、振動体11、31のy振動が逆相であるので、電極13、33の静電容量振動は相対的に逆相、同様に電極14、34の静電容量振動は相対的に逆相である。

【0026】振動体11、31にも、y方向に等ピッチで分布しx方向に突出する櫛歯状の可動電極12、32があり、固定電極アンカーに連続した、導電性ポリシリコンの周波数調整電極19、20/39、40にも、可動電極12/32のy方向分布の空間に突出する櫛歯状の電極がありy方向に分布している。これらの可動電極および周波数調整電極は、振動体11、31のx振動の速度（ばね力）を調整し、振動体11、31の共振周波数（固有振動数）を、駆動枠5、25の共振周波数より、数100Hz高い程度にまで下げるものである。なお、駆動枠5、25は、駆動電圧の印加によって両者を、固有振動数相当の同一周波数でx励振する。角速度検出感度を高くするために、駆動枠5、25の共振周波数（固有振動数）より、振動体11、31の共振周波数（固有振動数）を数100Hz高く設計しており、上述の周波数調整電極19、20/39、40に直流電圧を印加してそのレベルを調整することにより、振動体1

1, 31の共振周波数を設計値に近い値に微調整する。
 【0027】以上に説明した角速度センサには、図2に示す角速度検出回路42～60, TSG, FCRが接続される。タイミング信号発生器TSGが、駆動枠5, 25をx方向に共振周波数で逆相駆動する駆動信号を発生して、駆動回路41, 51に与えると共に、同期検波用の同期信号を同期検波回路45, 50, 55に与える。

図3に、駆動信号A, Bと、駆動フィードバック信号および角速度信号、ならびにx振動およびy振動を示す。駆動信号A, Bに同期して駆動回路41, 51が駆動電極15, 16/35, 36に駆動電圧(パルス)を印加する。これにより、駆動枠5と共に振動体11ならびに駆動枠25と共に振動体31が、x方向に逆相で振動する。この振動によって、駆動検出電極17, 18の静電容量が逆相で振動し、また駆動検出電極37, 38の静電容量が逆相で振動する。この静電容量の振動をチャージアンプ42, 43/52, 53が電圧振動(静電容量信号)に変換する。

【0028】差動増幅器44がアンプ42, 43の静電容量信号(逆相)を差動増幅し、1個のチャージアンプが発生する静電容量信号の振幅を略2倍とし、ノイズを相殺した差動信号を発生し、同期検波回路45およびフィードバック処理回路FCRに与える。同期検波回路45は、駆動信号と同相の同期信号に同期して、差動増幅器44が与える差動信号すなわちx振動を表わすx振動検出電圧を検波し、駆動パルス信号に対するx振動の位相ずれを表わすフィードバック信号を発生してフィードバック処理回路FCRに与える。

【0029】フィードバック処理回路FCRは、同期検波回路45が与える位相ずれ信号レベルを設定値に合わせたための移相信号を、駆動回路41に与え、それを受けた駆動回路41は、移相信号に対応して、駆動信号に対する出力駆動電圧の位相をシフトする。同期検波回路45の位相ずれ信号レベルが実質上設定値になった状態で、駆動枠5のx振動は安定したものとなる。周波数調整電極19, 20には、振動体11の共振周波数を駆動枠5の共振周波数より数100Hz程度高い値に下げる直流電圧を、周波数調整回路59が印加する。

【0030】駆動枠25および振動体31の駆動、フィードバック回路も、上述の駆動枠5および振動体11のものと同様であり、駆動枠25が駆動枠5と同一の周波数で共振音叉振動し、振動体31が11と実質上同一の周波数で共振音叉振動する。安定した共振音叉振動の間に、中心Oを通るz軸廻りの角速度が加わると、コリオリ力が駆動枠5, 25および振動体11, 31に加わり、これらにx振動に加えてy振動を含む楕円運動を起こさせる。しかし駆動枠5, 25は、x方向には撓み性が高いがy方向には剛性が高いばね梁1～4, 21～24で支持されているので、y振動は小さい。ところが振動体11, 31は、y方向に撓み性が高いばね梁7～1

0, 27～30で支持されているので、y方向に大きく振動する。振動体11, 31のこのy振動は相対的に逆相である。

【0031】振動体11のy振動を検出する対の検出電極13, 14の静電容量が逆相で振動し、これを表わす静電容量信号をチャージアンプ46, 47が発生して差動増幅器48が、両信号の差動信号すなわち1個のチャージアンプが発生する静電容量信号の振幅を略2倍とし、ノイズを相殺した差動信号、を発生し、差動増幅器49に与える。振動体31のy振動を検出する対の検出電極33, 34の静電容量が逆相で振動し、これを表わす静電容量信号をチャージアンプ56, 57が発生して差動増幅器58が、両信号の差動信号すなわち1個のチャージアンプが発生する静電容量信号の振幅を略2倍とし、ノイズを相殺した差動信号、を発生し、差動増幅器49に与える。差動増幅器48と58の差動増幅信号は相対的に逆相である。したがって差動増幅器49の差動出力は、第1振動体11と第2振動体31の各信号処理回路に同時に実質上同一レベルで作用するノイズを相殺し、しかも、加、減速度、振動など、第1, 第2振動体11, 31に同時に同方向に作用する外力による振動体のy変位成分(これもノイズに該当する)も相殺した、角速度起因のy振動を増幅した検出信号であり、角速度検出感度が高く、S/Nが高い。

【0032】この差動出力すなわち検出信号は、同期検波回路50に与えられ、同期検波回路50は、駆動信号と同相の同期信号に同期して、検出信号を検波し、角速度を表わす信号を発生する。この角速度信号の極性(±)は加わった角速度の方向を、信号レベルの絶対値は角速度の大きさを表わす。

【0033】—第2実施例—

図4に第2実施例の機構要素を示す。この第2実施例では、駆動枠5, 25のx振動の線形性を高くするために、ばね梁1～4, 21～24をx, y方向に共に撓み性が高いコ型のばね梁とし、しかも駆動枠5, 25が共振音叉振動をしやすくするために、コ型のばね梁61, 62を加えて、これらで駆動枠5, 25を連結している。すなわち、コ型のばね梁61, 62が駆動枠5および25に連続している。更に、振動体11, 31のx振動も線形性を高くしかつ独立の振動とするために、ばね梁7～10, 27～30をコ型のばね梁としている。この第2実施例では、駆動振動が単振動に近くなり、角速度検出信号のS/Nが向上する。なおこの第2実施例では、コ型のばね梁61, 62で第1駆動枠5と第2駆動枠25とを連結しており、これにより駆動枠5, 25の共振音叉振動が可能であるので、連結はりbb1, bb2を省略して、ばね梁1～4, 21～24をアンカーで基板100に対して浮動支持してもよい。しかし、連結梁bb1, bb2が加工歪や温度歪を解放し駆動枠5, 25のx振動の線形性を高くするのに効果があるので、

連結梁 $bb1$, $bb2$ を用いるのが好ましい。

【0034】図5に、本発明の第3実施例を示す。この第3実施例では、第2実施例と同様にコ型のばね梁 61 , 62 で第1駆動棒5と第2駆動棒25とを連結し、ばね梁 $1\sim4$, $21\sim24$ を x 方向の撓み性が高く y 方向には撓み性が低い z 型のばね梁とし、振動体 11 , 31 を支持するばね梁 $7\sim10$, $27\sim30$ を y 方向には撓み性が高く x 方向には撓み性が低い z 型のばね梁とした。第2実施例との違いは、ばね梁 $1\sim4$, $21\sim24$ を、 y 方向に振動しにくく、 x 方向に振動し易くし、ばね梁 $7\sim10$, $27\sim30$ を y 方向に振動しやすくした点である。

【0035】図6に本発明の第4実施例を示す。この第4実施例は、下地の基板 100 との温度膨張率の差による、駆動棒5, 25, 振動体 11 , 31 の内部応力の増加とそれぞれに連結するばね梁の応力の増加を低減し、振動特性を非線形から線形とし、共振音叉振動を実現し、角速度信号の S/N を高くする工夫をしたものである。ばね梁は、偏平ループ状のループ梁であり、ループの略直線辺と直交する方向の撓み性が高く、ループの略直線辺に平行な方向の撓み性は低い。振動体 11 , 31 をループ梁で駆動棒5, 25に対して支持しているので、検出振動 y の方向のみに振動し、他の方向に振動しにくい構成である。さらに、駆動棒5, 25もループ梁で支持しているので、駆動棒5, 25および振動体 11 , 31 共に、温度による内部応力の増加は少く、振動の線形性をたもつ。連結梁は、 y 平行辺 $b13$, $b14$ を有する略長形状の保護棒であり、4個のループ梁 $b11$, $b16$, $b21$, $b26$ を介してアンカー $a11$, $a16$, $a21$, $a26$ で支持されている。これにより、基板 100 又は保護棒 ($b11\sim b14$) の熱膨張による寸法変化で、固定電極と可動電極との配置が相対的に対称にずれ、差動構成で温度変化による容量変化が相殺される構成になっている。以上に説明した本発明の角速度センサの特徴を次に列記する。

(1) 駆動棒5, 25の x 加振を静電気力で行う、(2) 駆動振動子である駆動棒5, 25と、検出振動子である振動体 11 , 31 が枠状である、(3) 駆動振動子5, 25を共振音叉振動をさせるために、ばね梁 ($1\sim4$, $21\sim24$, $bb1$, $bb2/61$, 62) で連結した、(4) 駆動振動子棒5, 25が検出振動子棒 11 , 31 を囲むように外側に構成されている、(5) 振動体 11 , 31 の角速度対応の y 変位の検出を静電容量で行う、(6) 駆動の周波数と検出の周波数を双共振で振動させるために、検出側の振動数が数 100Hz 高いか、または、低い、(7) 2つの駆動する振動子5, 25を振動させるばね形状が、 π 型 (図1の $b11$, 2 , 21)、コ型 (図4の 61 , 62) あるいはループ (図6) のばね梁を用いて、駆動振動を逆相の音叉振動とした。ループは、長方形あるいは円形もしくは多角形でもよい、(8) 複数の駆動振動子5, 25は、連結

梁 ($bb1\sim bb4$) に、ばね梁により接続されている、(9) 駆動振動子5, 25と検出振動子 11 , 31 が、複数のばね梁 $7\sim10$, $27\sim30$ で接続されており、これらのばね梁は、偏平につぶれた円環型あるいは長方形のばね形状の、特定方向のみ撓み性が高い、(10) 多くの構成要素が、それぞれの中心に関して対称構造であり、また、要素の組合せが、中心 O に関して対称である。(12) 対称の点が重心と一致する、(13) 駆動系の信号検出および検出系の信号検出のそれぞれが、差動構成になっており、検出信号の同相成分が除去される、(14) 上記のすべての構成を含むことで、静電力による加振時の電気ノイズの漏れが著しく低減する、(15) 上記(13)により、駆動の変位信号の S/N が向上し、かつ検出振動変位信号の S/N が向上し、角速度信号の S/N が向上する、(16) 構成体を多角形の枠 ($bb1\sim bb4$) で外側に囲んでいる。この枠は円形でも楕円形でもよい、(16) 上記の枠 ($bb1\sim bb4$) あるいは連結梁 $bb1$, $bb2$ と振動子5, 25との接続部には駆動振動時の応力緩和のために応力緩和梁 $1\sim4$, $21\sim24$ が設けられている。これにより、振動の線形性と単振動を実現できる、(17) 上記の枠 ($bb1\sim bb4$) を、下地のシリコン基板 100 にループ状のばね梁 (図6の $b11$, $b16$, $b21$, $b26$) で振動子5, 25の重心に対して対称に4個所以上で固定した。ループは、円形もしくは多角形でもよい。これにより枠状の部位と基板を固定しているバネ部で下の固定基板を振動体の熱膨張差による応力が低減し温度特性が改善する。ループ状のバネ部によりバネ部の線形性が高く、かつばね自身の温度特性が改善する。また、所定の振動モード以外が誘起されにくいばね構造である。(18) 上記のばね梁のばね定数は、駆動振動および検出振動の共振周波数から十分に高く設定している、(19) 以上の構成をすべて含む構成により、センサの角速度出力の零点と感度の温度特性においては再現性があり、ヒステリシスや不連続の特性をもたないため、低コストで S/N が高いセンサとなる。(20) リソグラフを用いる半導体プロセスにて、シリコンウェーハ上に構成でき従来の半導体プロセスにて製作可能なため、低コストで生産しうる。浮動体が1枚板から形成され、半導体プロセスにて簡単に造形でき、低コストで生産しうる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例の平面図である。

【図2】 図1に示す実施例に接続した角速度計測回路の概要を示すブロック図である。

【図3】 図2に示す駆動回路 41 , 42 が、 x 励振用の駆動電極 15 , $16/25$, 26 に印加する電圧等を示すタイムチャートであり、(a) および (b) は駆動電極に印加される駆動電圧を、(c) は同期検波回路 45 の出力信号を、(d) は同期検波回路 50 の出力信号を、(e) は差動増幅器 44 の出力信号を、(f) は差動増幅器 49 の出力信号を、それぞれ示す。

11

12

【図 4】 本発明の第 2 実施例の平面図である。

【図 5】 本発明の第 3 実施例の平面図である。

【図 6】 本発明の第 4 実施例の平面図である。

【符号の説明】

a 11 ~ a 16, a 21 ~ a 26 : アンカー

b 11 ~ b 16, b 21 ~ b 26 : ばね梁

b b 1 ~ b b 4 : 連結梁 1 ~ 4 : ばね梁

5 : 第 1 駆動枠

7 ~ 10 : ばね梁

12 : 可動電極

21 ~ 24 : ばね梁

26 : 可動電極

31 : 第 2 振動体

33 ~ 40 : 固定電極

6 : 可動電極

11 : 第 1 振動体

13 ~ 20 : 固定電極

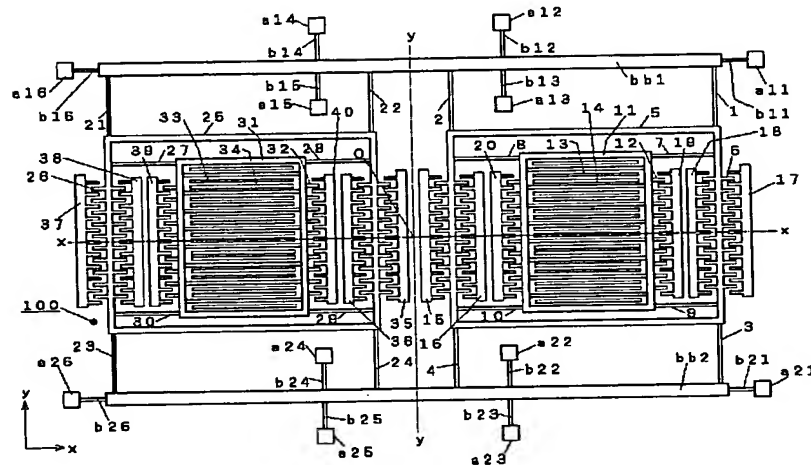
25 : 第 2 駆動枠

27 ~ 30 : ばね梁

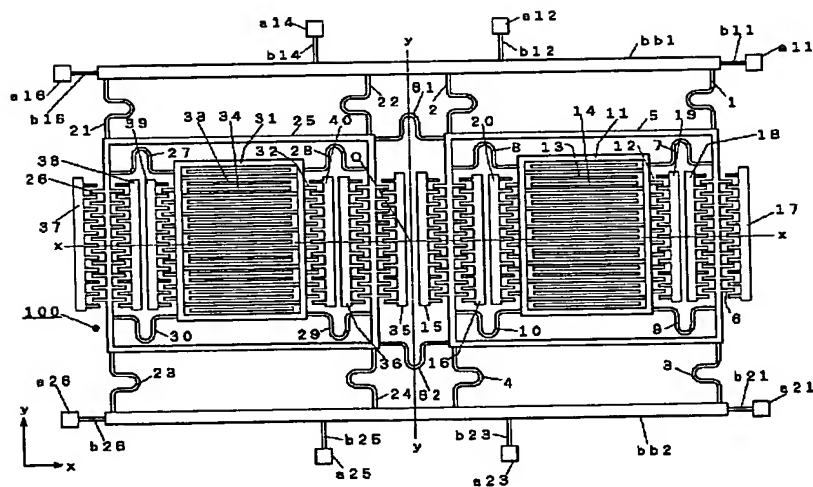
32 : 可動電極

61, 62 : ばね梁

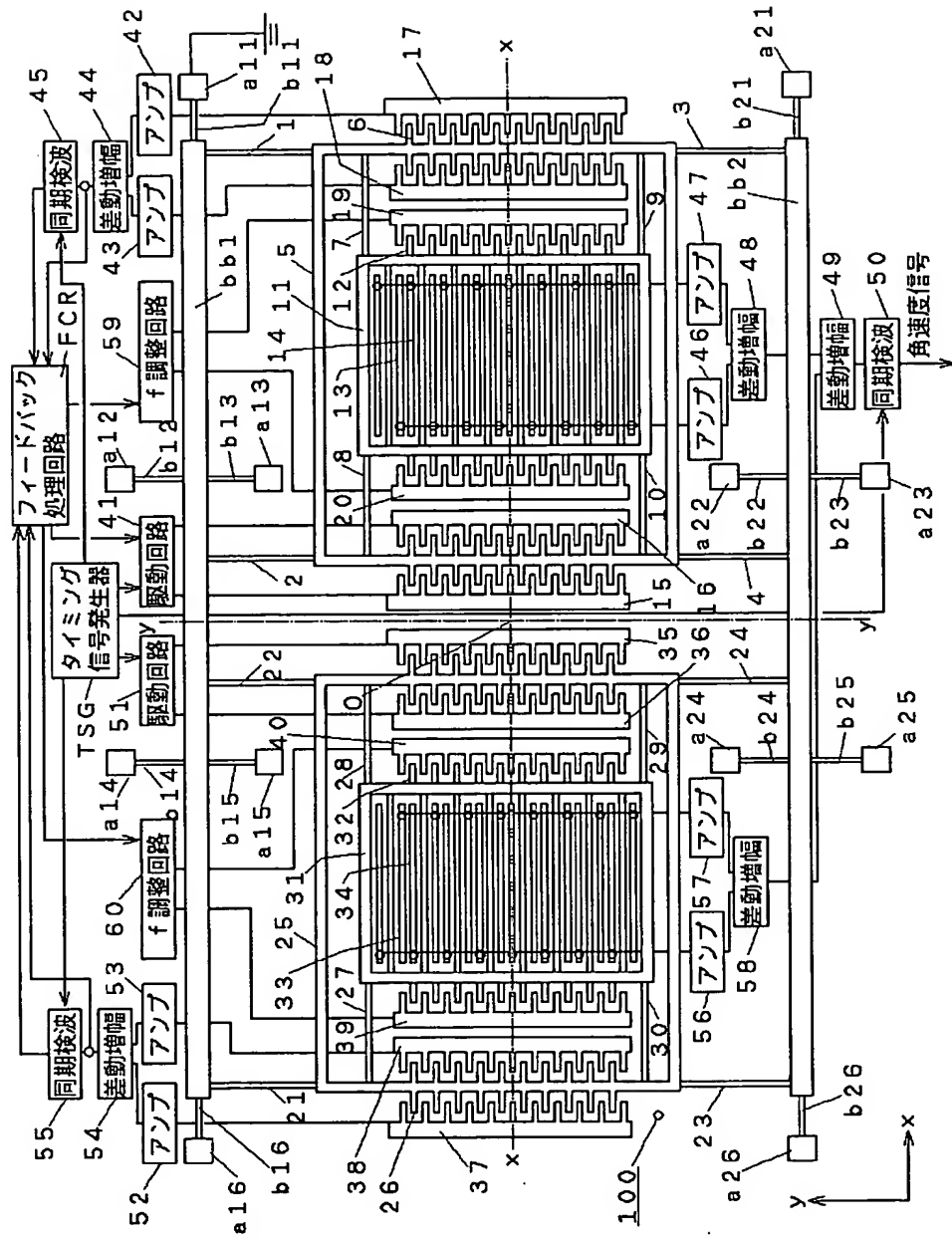
【図 1】



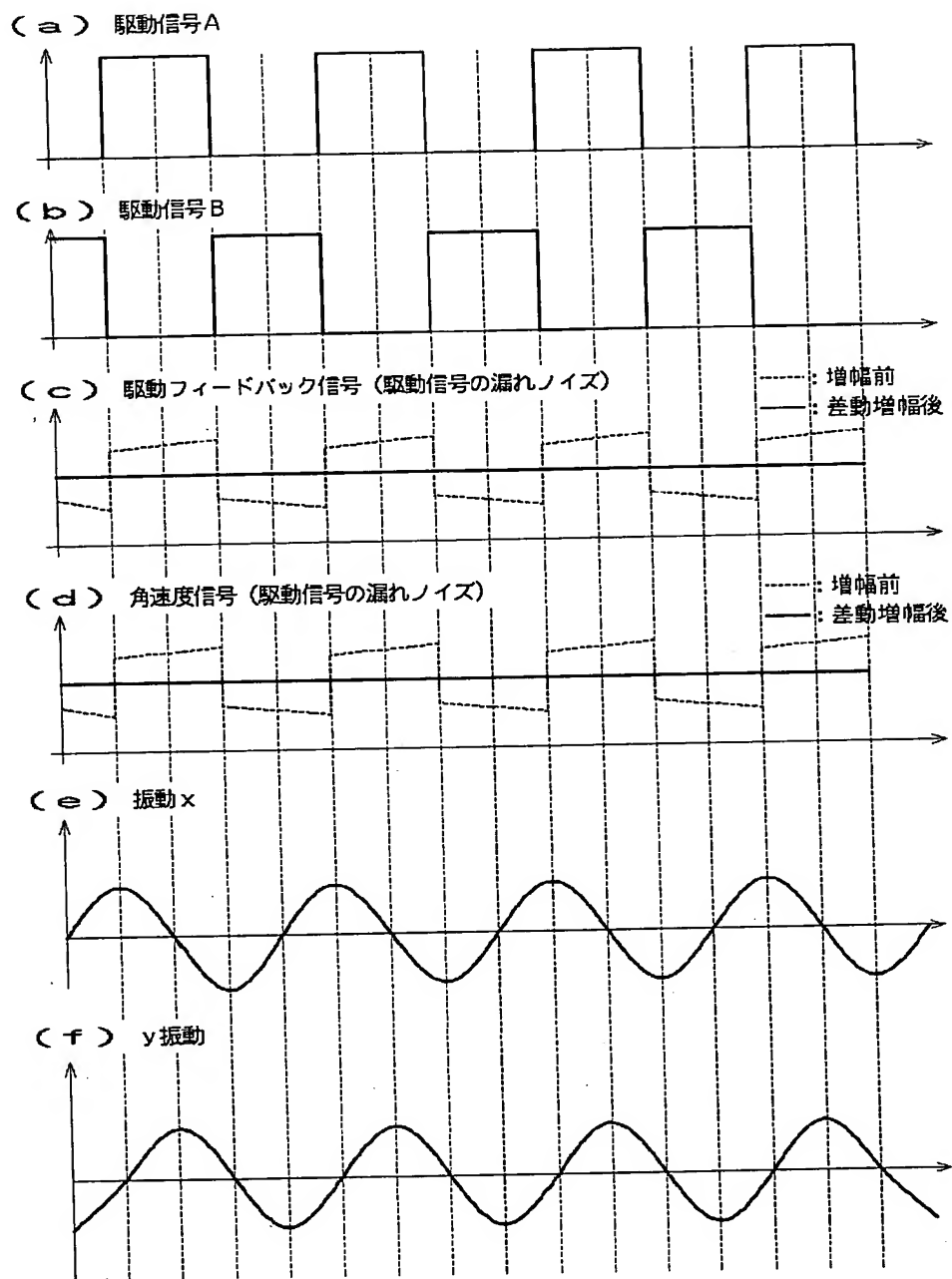
【図 4】



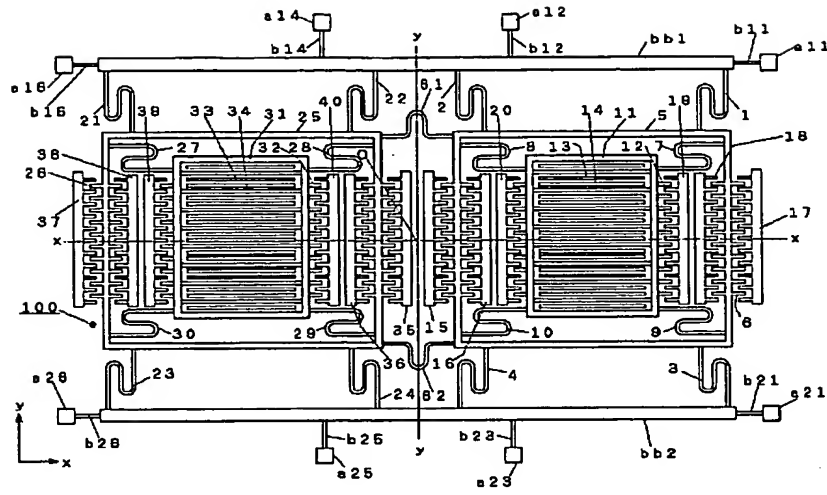
【図2】



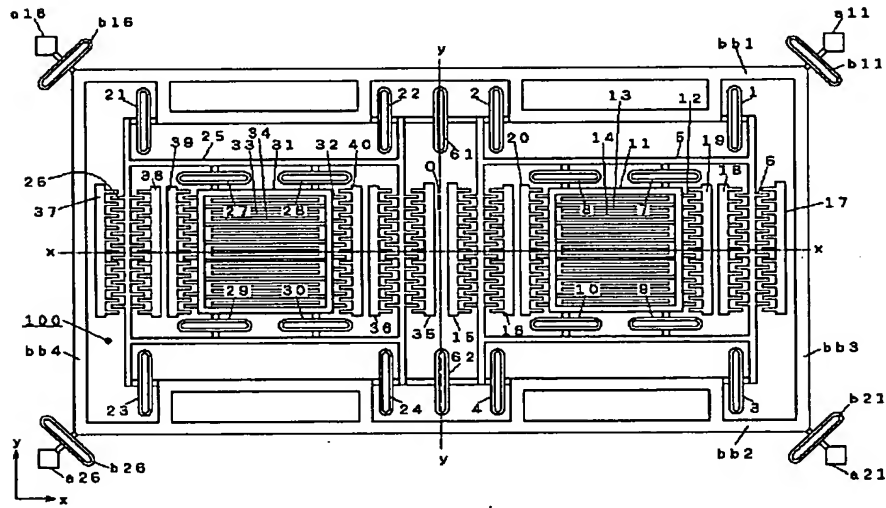
【図 3】



【図 5】



【図 6】



THIS PAGE BLANK (USPTO)